

**RANCANG BANGUN ALAT MONITORING PEMBEBANAN DAYA DAN
BIAYA LISTRIK PLN BESERTA WAKTU PEMAKAIANNYA
MENGUNAKAN APLIKASI *SMARTPHONE***



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

SYAFIRA NUR'AINI ZAHROH

D400174032

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN ALAT MONITORING PEMBEBANAN DAYA DAN
BIAYA LISTRIK PLN BESERTA WAKTU PEMAKAIANNYA
MENGUNAKAN APLIKASI *SMARTPHONE***

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:



SYAFIRA NUR'AINI ZAHROH

D400174032

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



UMAR S.T., M.T.

NIK: 731

HALAMAN PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN ALAT MONITORING PEMBEBANAN DAYA DAN
BIAYA LISTRIK PLN BESERTA WAKTU PEMAKAIANNYA
MENGUNAKAN APLIKASI *SMARTPHONE***

OLEH

SYAFIRA NUR'AINI ZAHROH

D400174032

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Senin, 12 Juli 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Dosen Pembimbing


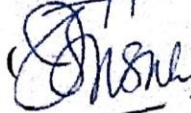

(Umar, S.T., M.T)

2. Dosen Penguji

(Agus Ulinuha, PhD)

3. Dosen Penguji

(Dr. Ratnasari Nur Rohmah)

()
()
()

Dekan,



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., PhD

NIK. 892

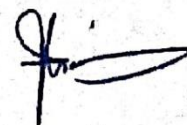
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 12 Juli 2021

Penulis



SYAFIRA NUR'AINI ZAHROH

D400174032

RANCANG BANGUN ALAT MONITORING PEMBEBANAN DAYA DAN BIAYA LISTRIK PLN BESERTA WAKTU PEMAKAIANNYA MENGUNAKAN APLIKASI *SMARTPHONE*

Abstrak

Pemakaian daya listrik yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk akan berdampak pada pemborosan energi jika tidak diimbangi dengan upaya penghematan. Semakin besar penduduk maka akan semakin besar pula energi listrik yang dibutuhkan. Penggunaan daya listrik saat ini hanya dapat dilihat melalui kWh meter yang disediakan oleh PLN sebagai alat ukur transaksi daya listrik, sehingga terdapat kesulitan dalam mengetahui beberapa parameter kelistrikan secara lengkap. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan ADDIE model yang meliputi Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Tujuannya yaitu merealisasikan alat yang dapat membantu masyarakat dalam memonitoring pemakaian daya peralatan listrik rumah tangga yang dapat diakses setiap saat menggunakan aplikasi *smartphone*. Hasil yang diperoleh adalah terciptanya alat monitoring pembebanan daya dan biaya listrik PLN beserta waktu pemakaiannya menggunakan aplikasi *smartphone* yang tersusun dari beberapa komponen penyusun diantaranya: adaptor power supply 5VDC, mikrokontroler NodeMCU ESP8266 V3, sensor PZEM 004-T, DHT22, LCD 20x4, relay, buzzer, dan *smartphone* android. Unjuk kerja dari perangkat yang dikembangkan, alat monitoring dapat menampilkan data berupa tegangan, arus, daya, faktor daya, energi, suhu, waktu, biaya pemakaian listrik PLN, dan sistem proteksi jika terjadi gangguan listrik melalui buzzer alat dan notifikasi pada aplikasi *smartphone* dengan persentase kesalahan pembacaan data kurang dari 5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengiriman data dari mikrokontroler ke database website serta aplikasi *smartphone* melalui koneksi WIFI cukup cepat dan real time.

Kata Kunci: IoT, Listrik PLN, Monitoring, NodeMCU ESP8266 V.3, *Smartphone*.

Abstract

The use of electricity that continues to increase along with population growth will have an impact on energy waste if it is not balanced with saving efforts. The larger the population, the greater the electrical energy required. The current use of electric power can only be seen through the kWh meter provided by PLN as a measuring instrument for electrical power transactions, so there are difficulties in knowing several electrical parameters in full. This study uses the ADDIE model development method which includes Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The goal is to realize a tool that can help the community in monitoring the power consumption of household electrical appliances that can be accessed at any time using a *smartphone* application. The results obtained are the creation of a monitoring tool for power loading and PLN electricity costs and their usage time using a *smartphone* application which is composed of several constituent components including: 5VDC power supply adapter, NodeMCU ESP8266 V3 microcontroller, PZEM 004-T sensor, DHT22, 20x4 LCD, relay, buzzer, and android *smartphone*. The performance of the developed device, the monitoring tool can display data in the form of voltage, current, power, power factor, energy, temperature, time, PLN electricity usage costs, and a protection system in the event of an electrical disturbance through the device buzzer and notifications on the *smartphone* application with a percentage data reading error is less than 5% so it can be concluded that sending data from microcontroller to the website

database and smartphone application via a WIFI connection is quite fast and real time.

Keywords: IoT, Monitoring, NodeMcu ESP8266 V.3, PLN Electricity, Smartphone.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk di Indonesia dewasa ini mengalami peningkatan yang signifikan sehingga berdampak pada peningkatan konsumsi daya listrik yang harus disediakan oleh PLN kepada konsumen. Berdasarkan hasil proyeksi kebutuhan listrik dari tahun 2003 sampai dengan 2020 yang dilakukan Dinas Perencanaan Sistem PT PLN (Persero) dan Tim Energi BPPT, kebutuhan energi listrik di Indonesia tumbuh sebesar 6,5% per tahun dengan pertumbuhan listrik disektor komersial yaitu sebesar 7,3% pertahun dan disusul sektor rumah tangga dengan pertumbuhan kebutuhan listrik sebesar 6,9% pertahun (Muchlis & Permana, 2003). Konsumsi energi listrik PLN yang digunakan untuk peralatan elektronik rumah tangga sehari-hari menjadi salah satu penyumbang terbesar dalam pemborosan energi listrik. Seringkali pengguna merasa pemakaian listrik mereka sangat boros, karena tidak mengetahui secara pasti peralatan listrik mana yang menghabiskan daya besar dan mana yang hanya menghabiskan daya kecil, sehingga cenderung menyalahkan pihak PLN (Prayitno, 2019).

Energi listrik yang digunakan secara terus menerus menyebabkan pemborosan energi, sedangkan dalam pengembangan energi alternatif membutuhkan waktu sangat lama sehingga dibutuhkan upaya dalam penghematan energi dengan sistem baru yang dapat secara langsung diterapkan masyarakat untuk menghemat pemakaian energi listrik (Purbaningrum, 2016). Penggunaan daya listrik saat ini hanya dapat dilihat melalui KWh meter yang disediakan oleh PLN sebagai alat ukur transaksi daya listrik. Namun, untuk mengetahui beberapa parameter kelistrikan tidak cukup menggunakan KWh meter saja, karena KWh meter hanya untuk memonitoring penggunaan listrik secara keseluruhan (Raden, 2020). *Internet of Things* atau IoT adalah konsep yang biasa digunakan untuk memonitor perangkat melalui aplikasi smartphone. Beberapa sistem operasi *smartphone* dari IOS hingga Android semakin banyak digunakan guna memudahkan pengguna dalam memperoleh informasi yang diinginkan melalui *smartphone* (Destiana, 2019). Berdasarkan survei yang dilakukan Global Web Index di 45 negara dengan melibatkan 109,4 ribu responden, penggunaan *smartphone* Android merupakan jenis *smartphone* paling banyak digunakan dibandingkan dengan *smartphone* jenis lainnya.

Monitoring besaran listrik jarak jauh atau online perlu dilakukan guna mengetahui kondisi *real* dari sebuah sistem tenaga listrik. Pemantauan harus memberikan informasi secara kompleks dengan

konsep SMART (*Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Time-bound*) yaitu spesifik, terukur, dapat dicapai, relevan, dan dalam rentang waktu. (Amoro, 2017).

Rancang bangun alat monitoring pembebanan daya dan biaya listrik PLN beserta waktu pemakaiannya menggunakan aplikasi *smartphone* merupakan inovasi dari KWh meter yang digunakan untuk monitoring tegangan, arus, daya, faktor daya, suhu, waktu, hingga biaya pemakaian listrik pelanggan PLN yang dapat diakses secara langsung melalui *Liquid Crystal Digital* (LCD) dan aplikasi *smartphone*. Alat ini didukung menggunakan *web server* dengan *database website* sebagai tempat penyimpanan data dan *website* untuk cadangan sarana *monitoring* dan *buzzer* sebagai proteksi terhadap gangguan listrik. Data yang tersimpan dapat di *export* ke dalam bentuk *excel* ketika pengguna ingin mengetahui secara lengkap nilai sistem kelistrikan selama proses monitoring, dengan demikian alat dapat dimanfaatkan sebagai sistem monitoring pemakaian daya jarak jauh yang praktis, efektif, dan aman dengan memanfaatkan teknologi *smartphone* sebagai upaya dalam mewujudkan Revolusi Industri 4.0.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam proses penelitian yang dilakukan menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang dikembangkan oleh Reiser dan Mollenda pada tahun 1990-an. Metode ini sangat sesuai jika digunakan dalam penelitian dan pengembangan serta mengacu pada program pembuatan alat yang efektif, dinamis, dan mendukung kinerja alat itu sendiri. (*Instructional Design*, 2020).

2.1 Analisis

2.1.1 Identifikasi kebutuhan

Identifikasi kebutuhan adalah tahap analisis sebelum melakukan perancangan alat dengan mengumpulkan informasi terkait dari berbagai jurnal dan identifikasi kebutuhan penelitian guna mendukung fungsi dari sistem kerja alat.

Berikut komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan alat:

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1) NodeMCU ESP8266 | 7) LCD 20x4 |
| 2) Sensor PZEM-004T | 8) <i>Inter Integrated Circuit</i> (I2C) |
| 3) Sensor DHT22 | 9) <i>Power supply</i> 5VDC |
| 4) <i>Current Transformator</i> | 10) Resistor <i>pull-down</i> |
| 5) <i>Relay</i> | 11) Kotak kontak |
| 6) <i>Buzzer</i> | 12) Kabel Jumper |

13) PCB board

14) Box Alat

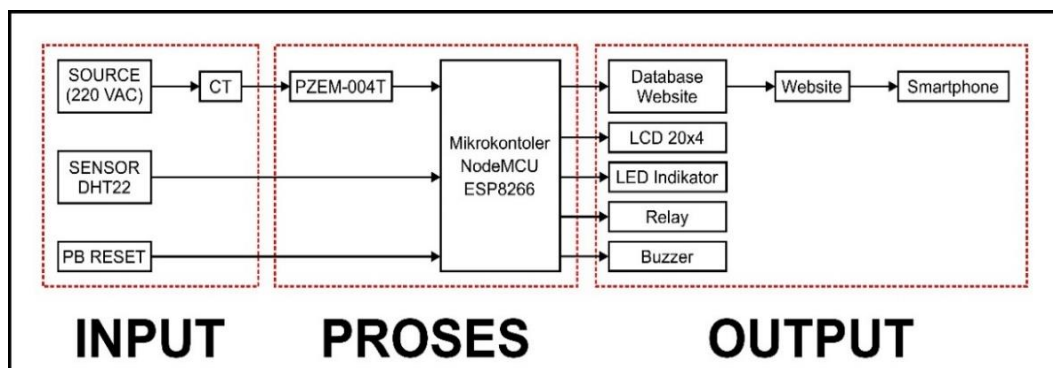
15) Smartphone

17) Website (Domain+Hosting)

2.1.2 Analisis kebutuhan

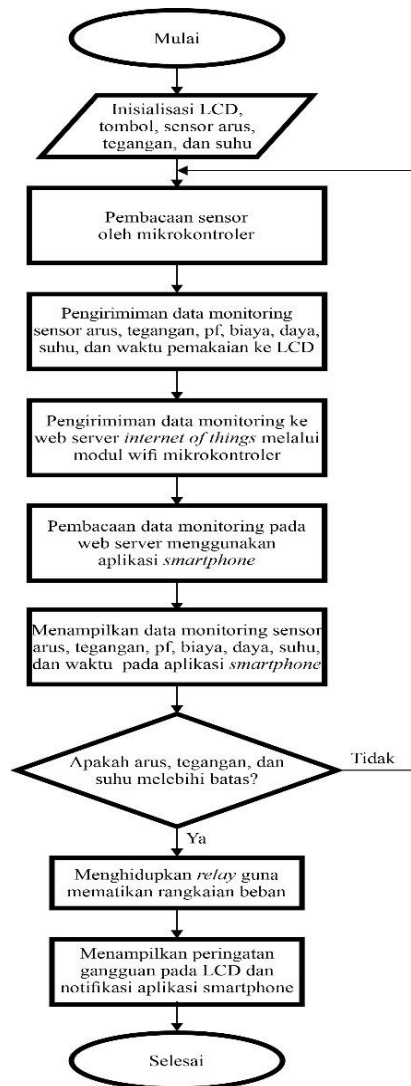
Setelah dilakukan identifikasi kebutuhan, selanjutnya melakukan analisis kebutuhan fungsi dari komponen yang akan digunakan dalam pembuatan alat. Pada penelitian ini dibutuhkan sensor PZEM-004T untuk mengukur nilai tegangan, arus, daya aktif, faktor daya, energi, dan sensor DHT22 sebagai proteksi terhadap suhu berlebih. Data sensor akan diproses oleh mikrokontroler NodeMcu untuk dijadikan output dari beberapa komponen seperti indikator bahwa telah terjadi gangguan listrik melalui *buzzer* alarm yang berbunyi dan *relay* untuk memutus dan menghubungkan jalur listrik ke beban. Hasil data dan sistem proteksi yang diolah oleh mikrokontroler akan diteruskan ke LCD alat, *cloud server website*, dan aplikasi *smartphone*. Hampir seluruh komponen yang digunakan menggunakan tegangan kerja 5V sehingga diperlukan *adaptor* untuk mengkonversikan tegangan 220VAC menjadi 5VDC.

2.2 Desain Perancangan Alat



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Alat

Berdasarkan gambar diagram blok sistem alat diatas, prinsip kerja alat dapat dilihat pada gambar *flowchart* dibawah ini.

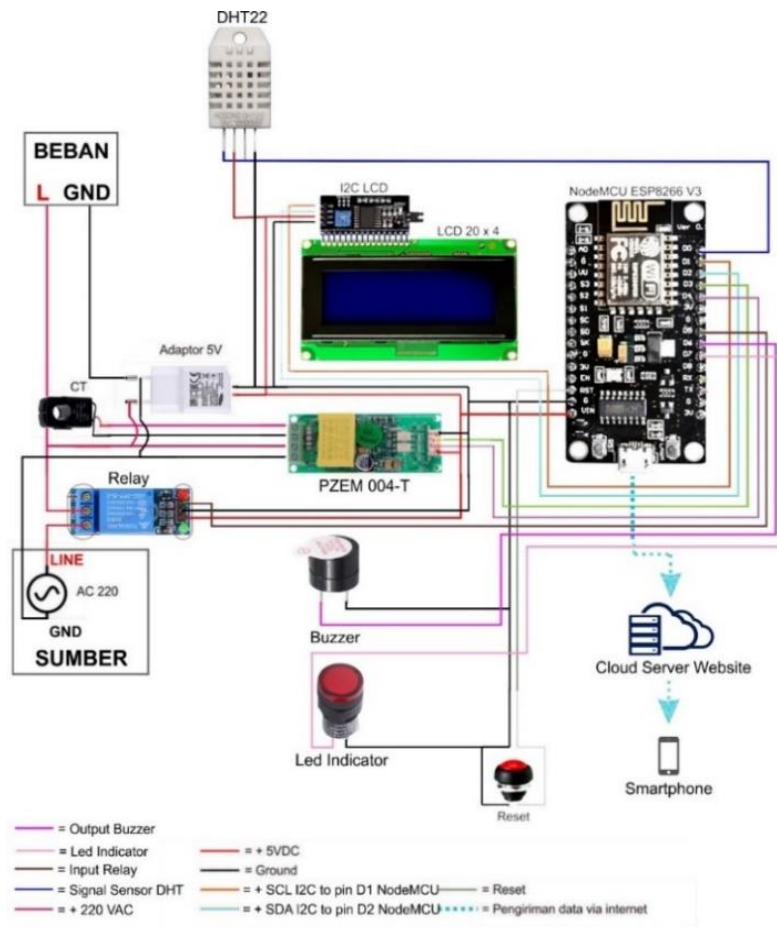


Gambar 2. Flowchart Alur Prinsip Kerja Alat

Mikrokontroler NodeMcu, LCD, I2C, *Relay*, PZEM-004T, dan DHT22 bekerja menggunakan tegangan input 5VDC sehingga diperlukan adaptor untuk mengkonversikan tegangan 220VAC ke 5VDC. NodeMCU akan melakukan pembacaan data pada sensor. Hasil pembacaan data berupa tegangan, arus, daya, faktor daya, suhu, waktu, biaya, pemakaiannya akan dikirim ke tampilan LCD dan secara bersamaan seluruh data yang diolah oleh NodeMcu juga akan dikirim ke *database website*. Aplikasi *smartphone* akan melakukan pembacaan data pada *database* yang telah diolah oleh NodeMcu untuk selanjutnya data monitoring ditampilkan pada aplikasi *smartphone*, sehingga data monitoring dapat diakses melalui LCD alat, *website*, dan aplikasi *smartphone*. Ketika terjadi gangguan listrik, *relay* alat akan memutus jalur listrik ke beban, dan di waktu yang sama *buzzer* akan berbunyi serta aplikasi *smartphone* akan menampilkan notifikasi peringatan bahwa telah terjadi gangguan listrik.

2.3 Development & Implementation (Pengembangan dan Implementasi Alat)

2.3.1 Perangkat Keras (*Hardware*)



Gambar 3. Rancangan Keseluruhan Sistem Alat

2.3.2 Perangkat Lunak (*Software*)

a. Pemrograman Arduino IDE

Pemrograman Arduino IDE berfungsi untuk menjalankan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai kontrol rangkaian utama sensor PZEM 004-T agar dapat mengukur variabel kelistrikan serta pengolahan data yang akan dimonitoring untuk selanjutnya dikirimkan ke LCD, *website*, dan aplikasi *smartphone*. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 V.3 yang langsung terintegrasi dengan modul WIFI, sehingga tidak perlu menggunakan mikrokontroler dan modul WIFI secara terpisah.

b. Pembuatan *Website*

Proses pembuatan *website* memakai web *hosting* gratis 000.webhost.com meliputi beberapa tahapan diantaranya yaitu:

1) Pembuatan *Database*

Database pada penelitian ini menggunakan *software database* MYSQL untuk *management database*, sedangkan untuk pengolahannya menggunakan *software* aplikasi berbasis web yang dijalankan melalui *browser* internet phpMyAdmin pada *hosting* 000webhost.com.

2) Pembuatan *Layout*

Pembuatan *layout* web pada penelitian ini memakai bahasa pemrograman HTML dan CSS. HTML digunakan untuk perintah dasar seperti pembuatan tabel, *header*, *title*, dan *text*. Pembuatan *style* tampilan *website* diatur pada CSS. Materi *website* didapat dari *database* berisi data monitoring alat yang terkoneksi melalui bahasa pemrograman PHP.

3) Upload ke *Hosting*

Layout website yang sudah jadi agar dapat diakses di internet maka perlu di unggah ke *hosting*. *Hosting server* menggunakan 000webhost dengan layanan gratis. Sebelum unggah ke *hosting* diperlukan menentukan alamat *website*, karena fitur gratis maka alamat harus memakai *subdomain* 000webhost. Upload *hosting* dilakukan pada *file manager* di kontrol panel 000webhost. File yang diunggah yaitu file HTML dan CSS layout website serta file PHP koneksi website dengan *database*.

c. Perancangan Aplikasi *Smartphone*

Perancangan aplikasi *smartphone* pada alat monitoring pembebanan daya listrik PLN dirancang menggunakan MIT APP Inventor dengan cara *log in* menggunakan email pada laman www.appinventor.mit.edu untuk membuat *project* baru yang pada penelitian ini diberi nama MODABILITAS (Monitoring Daya Biaya Listrik Aplikasi *Smartphone*) agar lebih mudah diingat. Pada halaman tersebut terdapat blocks untuk menyusun program dengan menggunakan *blocks puzzle* yang memiliki warna berbeda sesuai dengan fungsinya. Program pada MIT APP Inventor dibuat untuk pemanggilan data dari *database* agar dapat diakses menggunakan aplikasi *smartphone*.

2.4 *Evaluation (Pengujian Alat)*

- 1) Pengujian dilakukan dengan menggunakan beban peralatan rumah tangga. Parameter yang diuji meliputi pembacaan tegangan, arus, daya, dan suhu kontak.
- 2) Pengujian terhadap kinerja sensor PZEM-004T dalam membaca nilai besaran listrik berupa tegangan AC dan besar arus yang mengalir pada variabel yang diukur. Selanjutnya akan dikonversikan menjadi besarnya pemakaian daya listrik, energi, dan dihitung jumlah biaya terpakai dalam durasi waktu tertentu selama penggunaan listrik yang dapat dilihat pada LCD alat, *website* dan aplikasi *smartphone*.
- 3) Pengujian terhadap kinerja sensor suhu dalam membaca suhu pada rangkaian kotak kontak. Apabila mikrokontroler sudah dapat membaca sensor suhu, maka lanjutkan pengujian untuk mengetahui kinerja *relay* dan *buzzer* yang diharapkan jika terjadi gangguan listrik, *relay* akan memutus rangkaian secara otomatis bersamaan dengan *buzzer alarm* yang berbunyi serta notifikasi aplikasi *smartphone* juga akan memberitahu pengguna bahwa telah terjadi gangguan listrik.
- 4) Pengaplikasian alat pada kWh meter pelanggan PLN untuk mengetahui seluruh beban yang digunakan serta besar biaya pemakaiannya.

3. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil realisasi dari rancang bangun alat monitoring pembebanan daya dan biaya listrik PLN beserta waktu pemakaiannya menggunakan aplikasi *smartphone* dapat dilihat pada gambar 4, 5, 6, dan 7. Sesuai perencanaan, alat dapat digunakan untuk memonitoring pemakaian daya listrik PLN secara *real time* melalui LCD alat, *website*, dan aplikasi *smartphone*.



Gambar 4. Box Alat Monitoring



Gambar 5. Rangkaian Elektronika Alat



No	1540
Tanggal	2021-06-23
Terkirim	22:16:16
Tegangan(V)	215.4
Arus(I)	0.56
Daya(P)	117.9
Faktor Daya	0.97
Waktu	00:00:10
Energi(kWh)	0
Suhu(°C)	28.3
Biaya(Rp)	0

EXPORT DATA KE EXCEL

KOSONGKAN DATA

Gambar 6. Tampilan Website



- Tanggal kirim : 2021-06-23
 - Waktu kirim : 22:13:01
 - Tegangan (V) : 213.5
 - Arus (A) : 0.99
 - Faktor daya : 0.98
 - Daya (W) : 207.6
 - Lama pakai : 00:00:27
 - Energi (kWh) : 0
 - Suhu Kontak (°C) : 28.6
 - Biaya pakai (Rp) : 2.23

Export Data ke Excel

Kosongkan Data

Gambar 7. Aplikasi Smartphone

Tabel 1. Spesifikasi Alat

Mikrokontroler	NodeMCU ESP8266 V3
Sensor	PZEM-004T V3, DHT22
Variabel yang diukur	Tegangan, Arus, Daya, Energi, Faktor daya, Suhu
Sistem Monitoring	Aplikasi <i>Smartphone</i> , <i>Website</i> , LCD Alat
Tegangan Kerja <i>Supply</i>	220VAC
Tegangan Kerja Beban	80-260 VAC
Arus Kerja	0- 100 A
<i>Under Voltage</i>	209 V
<i>Upper Voltage</i>	231 V
<i>Range Suhu</i>	-40s – 80°C
Batas Suhu	70°C
Pengaman	<i>Relay pemutus arus dan buzzer alarm</i>

Pengujian alat dilakukan dengan cara diberi beberapa beban peralatan elektronik rumah tangga dan pembacaan data monitoring pada aplikasi *smartphone* dibandingkan dengan alat ukur *Clamp Meter* merek VIP tipe 3902, *Power Quality Meter* merek *Lutron* tipe PC-6011SD, dan *Thermogun* merek *Benetech* tipe GS320.

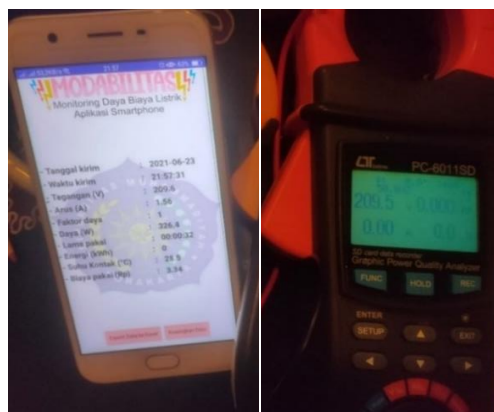
Hasil persentase kesalahan atau *error* dihitung dengan rumus:

$$\frac{\text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor}}{\text{pembacaan alat ukur}} \times 100\%$$



Gambar 8. Pengujian Alat Sebagai Sistem Monitoring

3.1 Pengujian sensor tegangan AC terhadap beban



Gambar 9. Perbandingan Pembacaan Tegangan Dengan Beban Setrika

Tabel 2. Hasil Pembacaan Data Pengukuran Tegangan

Jenis Beban Listrik AC		Voltage (V)		Selisih	Kesalahan %
		Alat Ukur	Aplikasi Smartphone		
Beban Resistif	Setrika Listrik	209,9	209,5	0,4	0,19
	<i>Rice cooker</i>	212,3	211,9	0,4	0,19
Beban Induktif	Kulkas	226,8	226,5	0,3	0,13
	Televisi	227,3	227,2	0,1	0,04
Rata-rata kesalahan					0,14 %

Hasil rata-rata kesalahan pembacaan aplikasi *smartphone* terhadap alat ukur yaitu sebesar 0,14% dengan akurasi pembacaan *error* di bawah 1%. sehingga dapat disimpulkan bahwa pembacaan tegangan pada alat ukur dan aplikasi *Smartphone* terukur dengan baik.

3.2 Pengujian Sensor Arus Terhadap Beban



Gambar 10. Perbandingan Pembacaan Arus Dengan Beban Setrika

Tabel 3. Hasil Pembacaan Data Pengukuran Arus

Jenis Beban Listrik AC		Ampere (A)		Selisih	Kesalahan %
		Alat Ukur	Aplikasi <i>Smartphone</i>		
Beban Resistif	Setrika Listrik	1,56	1,56	0	0
	<i>Rice cooker</i>	1,55	1,57	0,02	1,29
Beban Induktif	Kulkas	0,67	0,71	0,04	5,97
	Televisi	0,53	0,52	0,01	1,88
Rata-rata kesalahan					2,28 %

Hasil pengukuran arus terhadap beban antara alat ukur dan aplikasi *smartphone* diperoleh rata-rata kesalahan sebesar 2,28%. Pembacaan dengan selisih terendah terjadi pada beban setrika listrik dengan persentase kesalahan 0%, sedangkan kesalahan tertinggi terdapat pada beban kulkas yaitu sebesar 5,97%. Pembacaan arus pada beban selalu berubah setiap detik dikarenakan arus beban yang variatif dari masing-masing rangkaian beban.

3.3 Pengujian Pembacaan Daya Listrik



Gambar 11. Pengukuran Daya Dengan Beban Setrika

Tabel 4. Hasil Pembacaan Data Pengukuran Daya

Daya (Watt)								
Jenis beban listrik AC		Alat ukur		PF	Hasil perhitungan alat ukur	Aplikasi <i>smartpphone</i>	Selisih	Error %
		V	I					
Beban Resistif	Setrika	209,5	1,56	1	326,4	326,4	0	0
	<i>Rice cooker</i>	212,3	1,25	1	265,4	268,8	3,4	1,60
Beban Induktif	Kulkas	226,8	0,67	0,54	82,1	87,4	5,3	6,45
	Televisi	227,3	0,35	0,53	42,16	47,2	5,0	11,85
Rata-rata error								4,97%

Hasil pengukuran daya didapatkan dari pembacaan daya yang diukur oleh sensor PZEM-004T untuk selanjutnya didapatkan dari intruksi `pzem.power()` pada program Arduino IDE yang diperoleh dari *library* Arduino PZEM-004T, sedangkan untuk nilai pembacaannya dibandingkan dengan perhitungan rumus secara manual. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan rata-rata *error* sebesar 4,97%. Perbedaan tersebut terjadi dikarenakan pembacaan dari sensor di suatu waktu terdapat ketidakstabilan sehingga didapatkan hasil yang kurang sesuai dengan perhitungan secara manual.

3.4 Pengujian alat sebagai proteksi terhadap gangguan listrik

3.4.1 Pengujian kinerja *Relay* dan *Buzzer* terhadap proteksi suhu berlebih (*Overheat*)

Pengujian alat sebagai proteksi dari bahaya suhu berlebih atau *overheat* diatur pada batas maksimum suhu terminal sebesar 34°C untuk keselamatan peralatan dalam pengujian.



Gambar 12. Pengujian Sensor Suhu Sebagai Proteksi Terhadap Suhu Berlebih (*Overheat*)

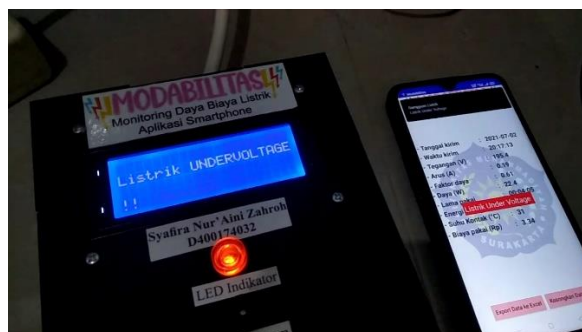
Tabel 5. Hasil Pengujian Terhadap Suhu Berlebih (*Overheat*)

Suhu Ruangan: 29,2°C

Pembacaan pada alat di aplikasi <i>smartphone</i>		<i>Thermogun</i>	Selisih	<i>Relay</i>	<i>Buzzer</i>	Keterangan	<i>Error</i> %
Suhu °C	Waktu						
28,8	20:55	28,6	0,2	OFF	OFF	Normal	0,69
28,7	20:56	27,9	0,8	OFF	OFF	Normal	2,86
28,6	20:57	28,4	0,2	OFF	OFF	Normal	0,7
28,5	20:58	28,1	0,4	OFF	OFF	Normal	1,42
34,9	20:59	36,7	1,8	ON	ON	<i>Overheat</i>	4,9
Rata-rata <i>error</i>							2,11%

Ketika suhu mencapai 34,9°C, listrik mengalami *overheat* dan *relay* bekerja dengan memutus rangkaian secara otomatis bersamaan dengan *buzzer* yang berbunyi serta notifikasi *overheat* pada aplikasi *smartphone*. Rata-rata kesalahan pembacaan sensor pada aplikasi *smartphone* terhadap alat ukur *thermogun* adalah sebesar 2,11%. Batas suhu maksimum pengaplikasian diatur sesuai standar Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) tahun 2011 pada peralatan listrik berisolasi PVC sebesar 70°C.

3.4.2 Pengujian kinerja *Relay* dan *Buzzer* Sebagai Proteksi Terhadap *Under Voltage*



Gambar 13. Pengujian Alat terhadap *Under Voltage*

Tabel 6. Hasil Pengujian Terhadap *Under Voltage*

Tegangan (V)		Relay	Buzzer	Notifikasi <i>smartphone</i>	Keterangan	Selisih	Error %
Alat Ukur	Aplikasi <i>Smartphone</i>						
195,5	195,4	ON	ON	ON	<i>Under voltage</i>	0,1	0,05
200,9	200,9	ON	ON	ON	<i>Under voltage</i>	0	0
209,9	209,5	OFF	OFF	OFF	Normal	0,4	0,19
212,3	211,9	OFF	OFF	OFF	Normal	0,4	0,19
226,8	226,5	OFF	OFF	OFF	Normal	0,3	0,13
Rata-rata <i>error</i>							0,11%

Berdasarkan tabel pengujian alat yang dilakukan sebagai proteksi terhadap *under voltage* diatur pada tegangan minimum sesuai standar PUIL tahun 2000 yaitu sebesar 209 V sehingga ketika nilai pembacaan tegangan dibawah 209 V, maka *relay* akan memutus jalur listrik ke beban bersamaan dengan *buzzer* dan notifikasi *smartphone* yang berbunyi sebagai tanda bahwa telah terjadi gangguan listrik. Rata-rata *error* pembacaan sensor menggunakan aplikasi *smartphone* terhadap alat ukur adalah sebesar 0,11%.

3.5 Hasil Data Pengaplikasian Alat Pada kWh Meter

Berdasarkan data *excel* yang di *export* dari *database*, diketahui rata-rata pengiriman data dari parameter yang diukur membutuhkan waktu 1 detik dengan rata-rata pengiriman data dalam 1 detik menggunakan *website* 000wehost, sehingga pengiriman data dari mikrokontroler ke *database website* melalui koneksi WIFI cukup cepat dan *real time*, akan tetapi *database* penyimpanan terbatas. Data *excel* diurutkan dari data baru ke lama. Setiap saat alat dinyalakan atau direset maka biaya akan kembali ke 0 karena data energi juga mengalami *reset*.

no	tanggal	jam	tegangan	arus	daya	energi	pf	suhu	waktu	biaya
2406	29/06/2021	18:20:11	218.9	1.2	242.1	0.47	0.92	28.4	01:31:11	674.67
2405	29/06/2021	18:20:09	219.6	1.2	243.2	0.47	0.92	28.4	01:31:09	676.12
2404	29/06/2021	18:20:08	219.4	1.87	386.7	0.47	0.94	28.4	01:31:08	676.12
2403	29/06/2021	18:20:05	219.6	1.2	243.2	0.47	0.92	28.3	01:31:05	676.12
2402	29/06/2021	18:19:08	219.9	1.2	243.6	0.46	0.92	28.4	01:30:08	668.89
2401	29/06/2021	18:19:07	219.8	1.2	243.5	0.46	0.92	28.4	01:30:07	666.01
2400	29/06/2021	18:19:06	219.8	1.2	243.5	0.46	0.92	28.4	01:30:06	668.89
2399	29/06/2021	18:17:10	219.9	1.2	244	0.45	0.92	28.4	01:28:10	654.45
2398	29/06/2021	18:16:10	219.8	1.2	243.9	0.45	0.92	28.4	01:27:10	653.00
2397	29/06/2021	18:16:10	219.2	2.46	530.5	0.45	0.98	28.4	01:27:10	648.67
2396	29/06/2021	18:16:10	219	2.46	529.8	0.45	0.98	28.4	01:27:10	650.11
2395	29/06/2021	18:16:10	219	2.07	448.4	0.45	0.99	28.4	01:27:10	651.56
2394	29/06/2021	18:16:10	219.7	1.21	244.2	0.45	0.92	28.4	01:27:10	653.00
2393	29/06/2021	18:16:10	219.5	1.21	244	0.44	0.92	28.4	01:27:10	640.00
2392	29/06/2021	18:16:10	219.7	1.21	244.1	0.45	0.92	28.4	01:27:10	647.22
2391	29/06/2021	18:16:10	219.2	2.46	530.7	0.45	0.98	28.4	01:27:10	650.11
2390	29/06/2021	18:16:10	219.7	1.2	243.8	0.45	0.92	28.4	01:27:10	653.00
2389	29/06/2021	18:16:10	219.8	1.21	244.3	0.45	0.92	28.4	01:27:10	651.56
2388	29/06/2021	18:16:10	219.4	1.2	243.7	0.44	0.92	28.4	01:27:10	640.00
2387	29/06/2021	18:16:10	218.6	2.46	528.2	0.44	0.98	28.4	01:27:10	642.89
2386	29/06/2021	18:16:10	219.5	1.2	243.7	0.44	0.92	28.4	01:27:10	640.00
2385	29/06/2021	18:16:10	219.6	1.2	243.8	0.45	0.92	28.4	01:27:10	647.22
2384	29/06/2021	18:16:10	219.5	1.2	243.7	0.45	0.92	28.4	01:27:10	645.78

Gambar 14. Data Excel

Hasil pengujian pada waktu 1 jam 31 menit 11 detik menunjukkan biaya sebesar Rp674.67,00 pada kwh meter pelanggan 1300VA. Selama 1 jam lebih 4 detik semua beban yang diuji menggunakan beban setrika, kulkas, kipas angin, *rice cooker*, dan *charger* laptop dalam kondisi on menghabiskan energi sebesar 0,3 kWh dengan biaya Rp429.08,00. Perhitungan biaya didapatkan dari hasil kali energi dengan tarif Rp1444.7,00.

4 PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat dapat memonitoring pemakaian daya listrik secara *real time* melalui LCD alat, *website*, dan aplikasi *smartphone*. Persentase kesalahan alat monitoring menggunakan aplikasi *smartphone* terhadap alat ukur terbilang kecil yaitu dibawah 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa pembacaan data melalui aplikasi *smartphone* terhadap alat ukur bekerja dengan dengan baik, listrik mengalami *overheat* dan *relay* bekerja bersamaan dengan *buzzer* yang berbunyi serta notifikasi *overheat* pada aplikasi *smartphone* ketika suhu mencapai lebih dari 70°C sebagai proteksi terhadap suhu berlebih. Hasil pengaplikasian alat pada kWh meter pelanggan PLN 1300VA dengan menggunakan seluruh beban rumah selama 1 jam lebih 4 detik menghabiskan energi sebesar 0,3 kWh dengan biaya Rp429.08,00. Disarankan agar alat yang dibuat dapat diuji menggunakan *smartphone* lain serta melakukan *maintenance database* secara berkala untuk *backup* dan pembersihan *database* supaya sistem dapat kembali bekerja dengan optimal, menambahkan *setting* pada alat agar pengguna dapat mengatur besar daya listrik PLN sekaligus harga. Untuk keamanan, sebaiknya desain elektronik dikembangkan hingga *schematic* dan *layout pcb* menggunakan aplikasi elektronik.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel publikasi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian artikel publikasi ini. Diantaranya yaitu:

1. Bapak Ibu orang tua penulis yang telah memberikan seluruh kasih sayang dan semangat kepada penulis selama menempuh perkuliahan di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Syafira Nur'Aini Zahroh, diri saya sendiri yang telah berjuang keras dalam menyelesaikan naskah publikasi ini.
3. Bapak Umar, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing penulis, yang senantiasa memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis selama proses pembuatan alat.

4. Bapak Dedi Ary Prasetya, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak membantu memberikan motivasi dan dorongan kepada penulis.
5. Ibu Umi Fdlillah, S.T., M.Eng. yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan proposal tugas akhir.
6. Bapak Ibu dosen, dan seluruh *staff* karyawan Jurusan Teknik Elektro UMS.
7. Mas Renaldi Anggriawan, Galuh, Dian, Keke, Lintang, Bella, Febryan, Silvi, Ella, Imam, dan Toni yang telah menemani penulis selama proses perkuliahan di UMS dan proses pembuatan alat.
8. Teman-teman Teknik Elektro 2017 dan KMTE Robot Research.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaro, N. (2017). *Sistem Monitoring Besaran Listrik Dengan Teknologi Iot (Internet of Things)*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN).2011. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2011) Amandemen 4, Standar Nasional Indonesia (SNI). Jakarta: Yayasan PUIL.
- Destiana. (2019). Pengaruh teknologi informasi berbasis android (Smartphone) dalam pendidikan industry 4.0. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Program Pascasarjana Universitas Pgri Palembang*, 190–197.
- Instructional Design. (2020). In *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship*.
- Lisiani, Razikin, A., & Syaifurrahman. (2020). *Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi)*. 1, 1–9.
- Keoh, S.L., Kumar, S., & Tschofenig, H. (2014). *Securing the Internet of Things: A Standardization Perspective*.IEEE. *Internetof Things Journal*,1(3).
- Manajemen, P. S., Ekonomi, F., & Jaya, U. A. (n.d.). *Preferensi Konsumen Terhadap Merek Smartphone Berdasarkan Sistem Operasi*. 1–15.
- Meier, Alexandra Von. (2006). Electric power systems: a conceptual introduction. United States of America:A Wiley-Interscience publication “PZEM-004T Single Phase TTL Port Electric Energi Meter”, Peacefair. Datasheet.
- Muchlis, M., & Permana, A. D. (2003). Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN. *Pengembangan Sistem Kelistrikan Dalam Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang*, 19–29.
- Nusa, T., Sompie, S. R. U. A., & Rumbayan, E. M. (2015). *Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler*. 4(5), 19–26.

- Prayitno, B. (2019). Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things. *Petir*, 12(1), 72–80.
- Purbaningrum, S. P. (2016). Audit Energi dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Listrik Pada Rumah Tangga. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 15(1).
- Raden Budi S. (2020). Rancang Bangun Alat Monitoring sistem kelistrikan 3 phasa berbasis *internet of things*. Proyek Akhir. Universitas Negeri Yogyakarta.